

## BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

4

PRIORITY DOCUMENT



REC'D	02 JUN 1997
WIPO	PCT

## Bescheinigung

Die VDO Adolf Schindling AG in Frankfurt/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zum Bestimmen von Verbrennungsaussetzern"

am 12. September 1996 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig die Symbole G 01 M und F 02 D der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 11. April 1997

Der Präsident des Deutschen Patentamts

Im Auftrag

Wallner

Aktenzeichen: 196 37 094.9

VDO Adolf Schindling AG

Rüsselsheimer Str. 22  
60326 Frankfurt  
K46-R/GR-mh  
3438

## **Beschreibung**

### **Verfahren zum Bestimmen von Verbrennungsaussetzern**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen von Verbrennungsaussetzern bei einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern.

Aus der DE 41 19 399 C2 ist eine Diagnosevorrichtung für Verbrennungskraftmaschinen bekannt, mit der bei vereinfachtem Aufbau Zünd- oder Verbrennungsprobleme bei Verbrennungskraftmaschinen zuverlässiger erfaßt werden können. Dies erfolgt dergestalt, daß Druckerfassungseinrichtungen (Sensoren) vorhanden sind, die den Zylinderinnendruck der Zylinder der Verbrennungskraftmaschine erfassen und ein entsprechendes Ausgangssignal abgeben, wobei dieses Ausgangssignal einer Differenziereinrichtung zugeführt wird, die das Ausgangssignal differenziert und ein differenziertes Ausgangssignal abgibt. Diese Diagnosevorrichtung hat den Nachteil, daß Druckerfassungseinrichtungen für die Erfassung des Zylinderinnendruckes der Zylinder der Verbrennungskraftmaschine erforderlich sind, wodurch am Kurbelgehäuse der Verbrennungskraftmaschine zusätzliche konstruktive Maßnahmen erforderlich sind, wodurch ein höherer Montageaufwand gegeben ist und eine Fehlerquelle hinsichtlich der Abdichtung vorhanden ist. Ausserdem unterliegen die Druckerfassungseinrichtungen erhöhten Anforderungen insbesondere hinsichtlich der Temperaturbeständigkeit, so daß diese Druckerfassungseinrichtungen entsprechend kostenintensiv sind.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, mit einfachen Mitteln ein Verfahren anzugeben, mit dem zuverlässig die Verbrennungsaussetzer in wenigstens einem Zylinder der Brennkraftmaschine bestimmt werden kann.

Diese Aufgabe ist durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

Es ist bekannt, daß bei Verbrennungsaussetzern eine Abbremsung der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine erfolgt. Diese Abbremsung kann über die Messung der Veränderung von aufeinanderfolgenden  $180^\circ$ -Zeiten erfaßt werden. Die Abbremsung (negative Beschleunigung) der Kurbelwelle reicht als alleinige Größe aber nicht aus, um Verbrennungsaussetzer zu erkennen, bzw. um solche von anderen Einflüssen, die eine negative Winkelbeschleunigung der Kurbelwelle hervorrufen (beispielsweise Einflüsse aus dem Antriebsstrang eines Fahrzeuges, in dem die Brennkraftmaschine angeordnet ist), zu unterscheiden. Daher ist erfindungsgemäß zum Bestimmen von Verbrennungsaussetzern vorgeschlagen, daß der Kurbelkreis der Kurbelwelle (also eine Umdrehung) in vier Bereiche (Segmente) zu je  $90^\circ$  bei einer Vierzylinder-Brennkraftmaschine eingeteilt wird, so daß sich pro Umdrehung je zwei Verdichtungszeiten und zwei Expansionszeiten ergeben. Bei einer Sechszylinder-Brennkraftmaschine erfolgt die Einteilung in sechs Segmente zu je  $60^\circ$ , d.h. allgemein, daß ein Kurbelkreis ( $360^\circ$ ) durch die Anzahl der Zylinder der Brennkraftmaschine geteilt wird, woraus sich die Einteilung in die Segmente und die Segmentgröße ergibt. Die Bestimmung des Verbrennungsaussetzers basiert darauf, daß für wenigstens einen Zylinder der Brennkraftmaschine zumindest zwei aufeinanderfolgende Verdichtungszeiten und Expansionszeiten ermittelt werden, wobei zum Bestimmen von Verbrennungsaussetzern ein Vergleich, insbesondere eine Addition oder eine Subtraktion, der Änderung der Verdichtungszeiten mit der Änderung der Expansionszeiten durchgeführt wird und das Ergebnis des Vergleiches ein Maß für einen Verbrennungsaussetzer ist. Überschreitet (oder unterschreitet) das Vergleichsergebnis einmalig oder mehrmals einen oberen (unteren) vorge-

baren Grenzwert, wird dies nach einer statistischen Weiterverarbeitung optisch und/oder akustisch angezeigt, kann dies in einem Fehlerspeicher abgelegt werden und darüber hinaus die Kraftstoffzufuhr zu diesem Zylinder unterbrochen werden (beispielsweise werden die entsprechenden Einspritzventile deaktiviert), wobei auch weitere Reaktionen durchführbar sind (z.B. Sperrung der  $\lambda$ -Regelung und der Vollastanreicherung).

In Weiterbildung der Erfindung wird das Verfahren in Abhängigkeit vorgegebbarer Parameter der Brennkraftmaschine und/oder vorgegebbarer Umgebungsparameter der Brennkraftmaschine durchgeführt. So wird beispielsweise das Verfahren in Abhängigkeit der Betriebstemperatur der Brennkraftmaschine nicht oder mit vorgebbaren Grenzwerten durchgeführt. Bei den vorgebbaren Umgebungsparametern der Brennkraftmaschine handelt es sich beispielsweise um Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsvorgänge des Fahrzeuges, da sich diese direkt durch die Drehzahländerungen auf die gemessenen Expansions- und Verdichtungszeiten sowie die 180°-Zeiten auswirken, so daß diese Umgebungseinflüsse bei der Bestimmung von Verbrennungsaussetzern berücksichtigt werden.

Weiterhin ist von Vorteil, daß direkt mit dem Vorliegen des Vergleichsergebnisses eine Aussage möglich ist, ob ein Verbrennungsaussetzer vorliegt oder nicht und darauf basierend, entweder nach einem einzelnen Verbrennungsaussetzer oder nach mehreren Verbrennungsaussetzern hintereinander, eine schnelle Reaktion (z.B. Fehlermeldung, Unterbrechung der Kraftstoffzufuhr oder dergleichen) erfolgen kann bzw. erfolgt.

In Weiterbildung der Erfindung wird das Verfahren für jeden Zylinder durchgeführt, so daß Zylinder-individuell Verbrennungsaussetzer bestimmt und erkannt werden und der betroffene Zylinder zumindest zeitweise durch Unterbrechen der Kraftstoffzufuhr deaktiviert werden kann, so daß in jedem Fall noch ein Notbetrieb gewährleistet ist für den Fall, daß ein einzelner Zylinder nicht nur zeitweise, sondern dauernd Verbrennungsaussetzer aufweist.

In Weiterbildung der Erfindung wird nach Erfassung zumindest eines Verbrennungsaussetzers, insbesondere nach einer vorgebbaren Anzahl von Verbrennungsaussetzern an einem Zylinder, ein Fehlersignal erzeugt und ausgegeben. Dieses Fehlersignal, das auch in einer Speichereinheit der Motorsteuervorrichtung abgespeichert werden kann, signalisiert dem Fahrer des Fahrzeuges einen Defekt, zu dessen Behebung und zur Vermeidung weiterer Beschädigungen (insbesondere eines Katalysators, der von nicht verbranntem Kraftstoff zerstört wird) eine Werkstatt aufsuchen sollte.

Weitere Verfahrensschritte sind in den Unteransprüchen angegeben, aus denen sich entsprechende Vorteile ergeben.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist im folgenden näher erläutert, wobei auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, auf die die Erfindung nicht beschränkt ist, beschrieben ist.

Die Figuren zeigen im einzelnen:

Figur 1: Zylinderdruckverlauf einer Vierzylinder-Brennkraftmaschine mit Darstellung der 90°- und 180°-Kurbelwellenzeiten,

Figur 2: Verlauf der Kurbelwellenbeschleunigung und der 90°-Zeiten bei normalem Motorbetrieb,

Figur 3: durch Verbrennungsaussetzer bewirkte Änderung der Kurbelwellenbeschleunigung und der 90°-Zeiten,

Figur 4: durch Doppelaussetzer bewirkte Änderung der Kurbelwellenbeschleunigung und der 90°-Zeiten,

Figur 5: Vorrichtung zur Auswertung und Verarbeitung der erkannten Verbrennungsaussetzer.

Figur 1 zeigt den Zylinderdruckverlauf einer Vierzylinder-Brennkraftmaschine mit Darstellung der 90°- und 180°-Kurbelwellenzeiten. Der Kurbelkreis ist in

vier Segmente zu je  $90^\circ$  eingeteilt, wobei beispielsweise die Nullage im Zünd-OT des ersten bzw. des vierten Zylinders sich befindet, so daß sich pro Umdrehung je zwei Verdichtungszeiten ( $t_{\text{verd}}$ ) und Expansionszeiten ( $t_{\text{exp}}$ ) ergeben. Aus der Summe einer Verdichtungszeit und der zugehörigen Expansionszeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden OT's verschiedener Zylinder ist die Periodendauer (PT) zu bilden. In vorteilhafter Weise wird dabei das Verfahren zum Bestimmen von Verbrennungsaussetzern in Abhängigkeit von vorgebbaren Umgebungsparametern der Brennkraftmaschine durchgeführt, bei dem es sich neben den schon genannten auch um das Ausgangssignal des Sensors zur Bestimmung der Periodendauer handelt. Dies erfolgt beispielsweise dergestalt, daß zwei aufeinanderfolgende  $180^\circ$ -Zeiten (oder ähnliche) miteinander verglichen werden. Da dies im instationären Betrieb erfolgt, müssen diese gemessenen Zeiten weitestgehend gleich sein, wobei beispielsweise die aus einer Differenzbildung der beiden Zeiten resultierende Differenz bei dem weiteren Verfahren zum Bestimmen von Verbrennungsaussetzern berücksichtigt werden kann. Damit werden insbesondere Fertigungstoleranzen, Zahnflankenfehler und dergleichen des Sensors kompensiert.

Figur 2 zeigt den Verlauf der Kurbelwellenbeschleunigung und der  $90^\circ$ -Zeiten bei normalem Motorbetrieb. Hierbei ist zu erkennen, daß während einer Expansionszeit die Beschleunigung der Kurbelwelle positiv ist, wohingegen sie während der Verdichtungszeit negativ ist. Bei normalem Motorbetrieb wechseln sich positive und negative Beschleunigungen alternierend ab.

In Figur 3 sind im Gegensatz zu Figur 2 durch Verbrennungsaussetzer bewirkte Änderungen der Kurbelwellenbeschleunigung und der  $90^\circ$ -Zeiten gezeigt. Aufgrund eines Verbrennungsaussetzers (zwischen  $180^\circ$  Kurbelwinkel und  $270^\circ$  Kurbelwinkel) kommt es zu einer geringeren positiven Beschleunigung und zu einer höheren negativen Beschleunigung der Kurbelwelle. Da-

durch ändern sich auch die anschließenden Verdichtungs- und Expansionszeiten, so daß diese auf einem höheren Niveau liegen als vorher.

In Figur 4 ist die durch Doppelaussetzer bewirkte Änderung der Kurbelwellenbeschleunigung und der 90°-Zeiten gezeigt. Resultierend aus der geringeren positiven Beschleunigung bzw. der höheren negativen Beschleunigung der Kurbelwelle kommt es in der nachfolgenden Zeit zu einem weiteren Anstieg der Verdichtungs- und Expansionszeiten, die ebenfalls mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, genauso wie bei Figur 3, ausgewertet werden können.

Figur 5 zeigt eine Vorrichtung zur Auswertung und Verarbeitung von erkannten Verbrennungsaussetzern.

Ein Kurbelwellensensorsignal (denkbar ist auch ein Nockenwellensensorsignal) wird einer Zahnflankenkorrektur 1 zugeführt, in der, wie schon beschrieben, zwei aufeinanderfolgende 180°-Zeiten und zugehörige 90°-Zeiten (zwei Expansions- bzw. Verdichtungszeiten) miteinander verglichen werden und ein Wert gebildet wird, der bei der folgenden Verbrennungsaussetzer-Bestimmung berücksichtigt wird. Anschließend erfolgt eine Kompensation 2 während des Instationärbetriebes, so daß beispielsweise im Falle einer plötzlichen Lastabnahme (Gaswegnehmen), die auch noch überlagert von einer ebenso schnellen Drehzahländerung durch Schwingungen im Triebstrang ist, ein Verbrennungsaussetzer erkannt würde, der jedoch keinen Verbrennungsaussetzer darstellt. Mit der Bezugsziffer 3 ist die Bildung eines Kennwertes für den Verbrennungsaussetzer bezeichnet, wobei mit der Bezugsziffer 4 die Bildung eines weiteren Wertes, ohne Berücksichtigung des Instationärbetriebes, aus dem Kurbelwellensensorsignal gebildet wird. Einer von beiden oder beide Werte können aus einem insbesondere über Last und Drehzahl aufgespannten Kennfeld änderungsbegrenzt ausgelesen werden, wobei der eine Wert den anderen korrigieren kann. Mit der Bezugsziffer 5 ist eine Schwellwertermittlung bezeichnet, bei der für den in 4 gebildeten Wert

ein Schwellwert oder ein Wertebereich, gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Last der Brennkraftmaschine, gebildet wird. Ebenso wird eine Grundschnellwertermittlung 6 durchgeführt, bei der ein Grundschnellwert bzw. ein Wertebereich für den bei 3 gebildeten Verbrennungsaussetzerwert ermittelt wird. Für einen oder beide Schnellwerte 5, 6 kann eine Temperaturkompensation 7 erfolgen, die die Motortemperatur berücksichtigt. In einer Änderungsbegrenzung 8 können diese Schnellwerte oder ein Schnellwert in Abhängigkeit vorgegebbarer Parameter der Brennkraftmaschine und/oder vorgegebbarer Umgebungsparameter der Brennkraftmaschine, wie beispielsweise eine abrupte Änderung der Gaspedalstellung, starke Schwingungsanregungen durch Geländeeinflüsse oder dergleichen, berücksichtigt werden.

In einer Abfrage 9 wird abgefragt, ob Verbrennungsaussetzer bestimmt werden soll oder nicht. Liegen die in 3 bzw. 4 bestimmten Verbrennungsaussetzerwerte ober- oder unterhalb der ermittelten Schnellwerte 5 oder 6 (oder außerhalb des zulässigen Wertebereiches) erfolgt keine Bestimmung von Verbrennungsaussetzern. Soll eine Bestimmung erfolgen, wird in einer Abfrage 10 abgefragt, ob die Detektion erlaubt ist oder nicht. So wird eine Detektion beispielsweise dann nicht zugelassen, wenn die Drehzahl der Brennkraftmaschine unterhalb einer vorgebbaren Drehzahl (beispielsweise eine Mindestdrehzahl unterhalb der Leerlaufdrehzahl) liegt oder vorgebbare Last- und/oder Temperaturbereiche nicht eingehalten sind. Liegt beispielsweise die Motortemperatur unterhalb einer vorgebbaren Temperatur, tritt aufgrund der inhomogenen Gemischaufbereitung sowie einer deutlichen Erhöhung der aufzubringenden Reibleistung bei diesen Temperaturen eine erhöhte Laufunruhe auf, die in Größenordnungen vordringt, die auch bei Verbrennungsaussetzern zu erwarten ist. Daher erfolgt unterhalb dieser Temperatur keine Detektion von Verbrennungsaussetzern, so daß eine Deaktivierung 11 der Verbrennungsaussetzer-Diagnose vorgenommen wird.



Wird die Detektion 10 zugelassen, erfolgt eine statistische Auswertung 12 in der Form, ob der Verbrennungsaussetzer oder die Verbrennungsaussetzer zu einer Katalysatorschädigung und/oder zu einer Emissionsgrenzwertüberschreitung führen können. Kann es zu einer Katalysatorschädigung kommen, wird eine Reaktion 13 auf katalysatorschädigende Verbrennungsaussetzer-Rate durchgeführt, wozu beispielsweise der betreffende Zylinder, der Verbrennungsaussetzer hat, abgeschaltet wird. Als Resultat daraus und auch als Resultat einer Emissionsgrenzwertüberschreitung wird weiterhin ein Fehlersignal 14 erzeugt, das dem Fahrer des Fahrzeuges optisch/akustisch angezeigt wird, in einer on-board-Diagnoseeinrichtung abgespeichert und später ausgelesen wird oder in Abhängigkeit dessen die Kraftstoffzufuhr des bzw. der betroffenen Zylinder zumindest zeitweise unterbrochen wird.

#### Auflistung der verwendeten Abkürzungen

OT: oberer Totpunkt eines Zylinders

°KW: Winkelbereich, den die Kurbelwelle der Brennkraftmaschine überstreicht

$\varphi_{\text{Zyl},i}$ : Zündzeitpunkt eines Zylinders ( $i = 1, 2, 3, 4, \dots$ )

$t_{\text{exp}}$ : Expansionszeit eines Zylinders

$t_{\text{verd}}$ : Verdichtungszeit eines Zylinders

PT: Periodendauer für einen Winkelbereich

$a_{\text{KW}}$ : Beschleunigung der Kurbelwelle

VA: Verbrennungsaussetzer

$$VA = \frac{t_{\text{verd}, i} - t_{\text{verd}, i-1}}{t_{\text{exp}, i} - t_{\text{exp}, i-1}}$$

$$= \frac{\Delta t_{\text{verd}}}{\Delta t_{\text{exp}}}$$

oder:

$$VA = \Delta t_{\text{verd}} - \Delta t_{\text{exp}}$$

VDO Adolf Schindling AG

Rüsselsheimer Str. 22  
60326 Frankfurt  
K46-R/GR-mh  
3438

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen von Verbrennungsaussetzern bei einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern, dadurch gekennzeichnet, daß für wenigstens einen Zylinder der Brennkraftmaschine zumindest zwei aufeinanderfolgende Verdichtungszeiten und Expansionszeiten ermittelt werden, wobei zum Bestimmen von Verbrennungsaussetzern ein Vergleich der Änderung der Verdichtungszeiten mit der Änderung der Expansionszeiten durchgeführt wird und das Ergebnis des Vergleiches ein Maß für einen Verbrennungsaussetzer ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren in Abhängigkeit vorgebbarer Parameter der Brennkraftmaschine und/oder vorgebbarer Umgebungsparameter der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Verfahren für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß nach Erfassung zumindest eines Verbrennungsaussetzers, insbesondere nach einer vorgebbaren Anzahl von Verbrennungsaussetzern, ein Fehlersignal erzeugt und ausgegeben wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest in Abhängigkeit von wenigstens einem Parameter der Brennkraftmaschine ein Schwellwert für das Maß für einen Verbrennungsaussetzer gebildet wird, wobei bei Über- oder Unterschrei-

tung dieses Schwellwertes durch das Vergleichsergebnis die Erzeugung des Fehlersignales unterbleibt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren bei Abweichung zulässiger Wertebereiche für die vorgebbaren Parameter der Brennkraftmaschine und/oder für die vorgebbaren Umgebungsparameter der Brennkraftmaschine nicht durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, angewendet bei einer on-board-Diagnoseeinrichtung zumindest für die ein Fahrzeug, insbesondere einen Personenkraftwagen, antreibende Brennkraftmaschine.

VDO Adolf Schindling AG

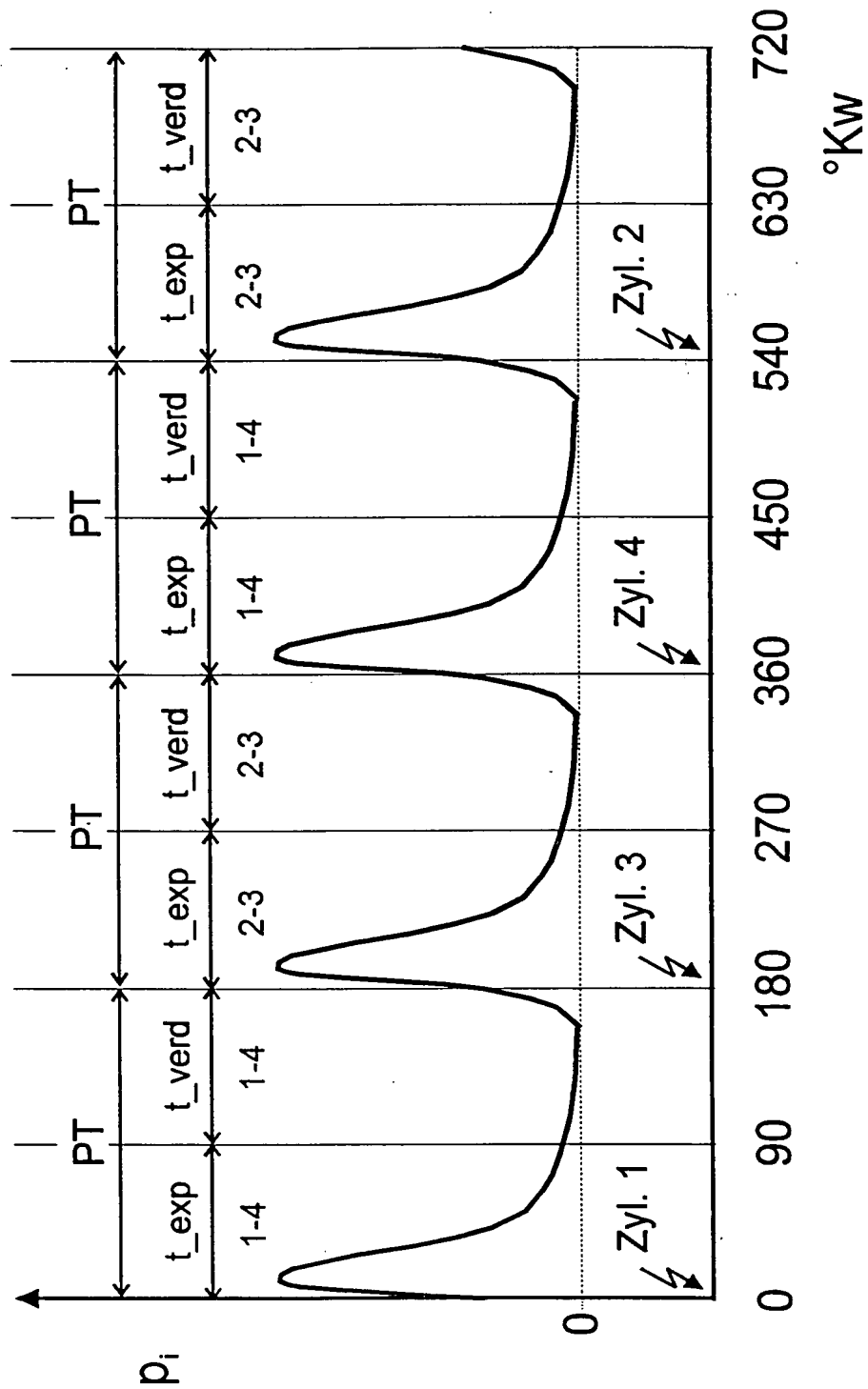
Rüsselsheimer Str. 22  
60326 Frankfurt  
K46-R/GR-mh  
3438

## **Zusammenfassung**

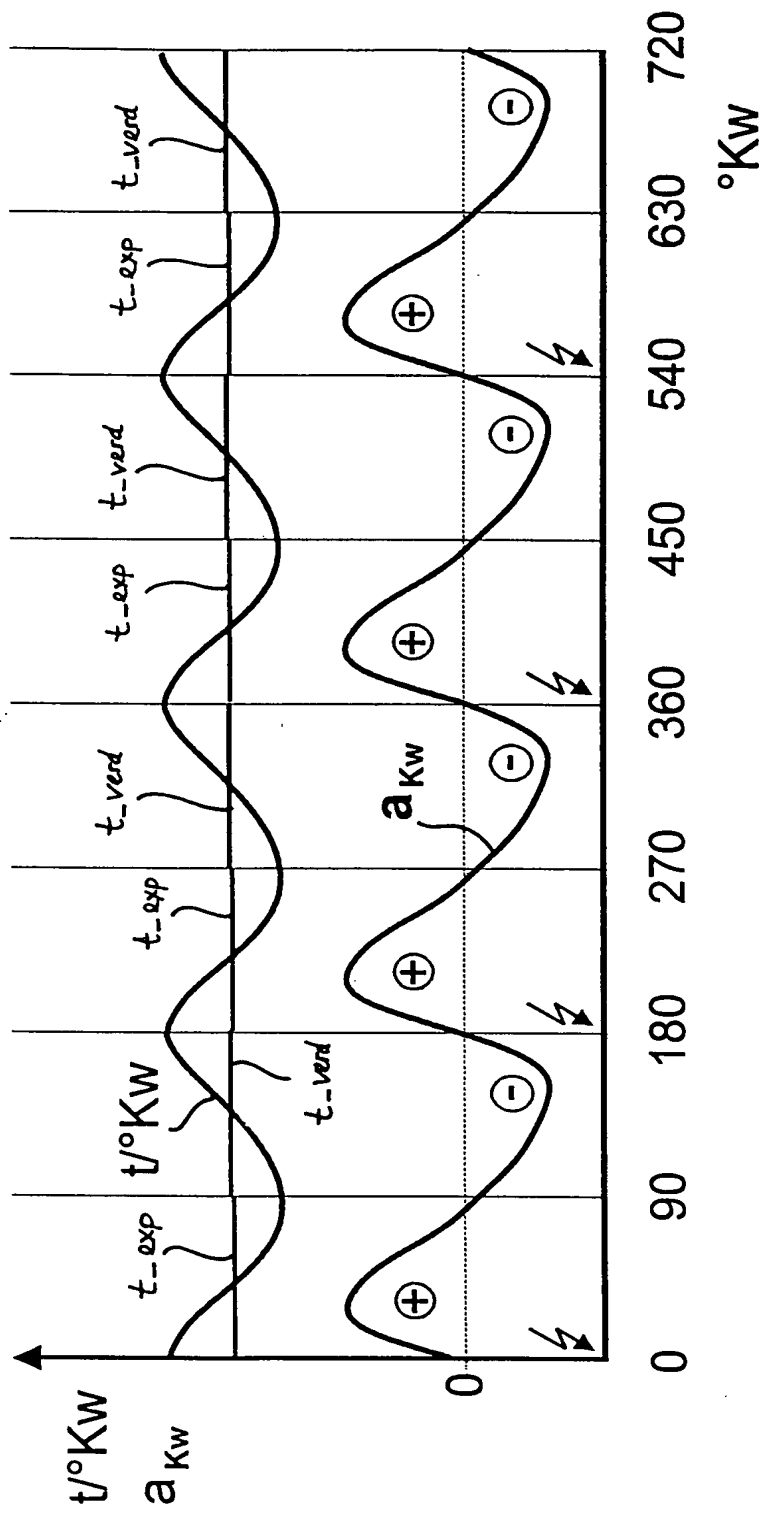
### **Verfahren zum Bestimmen von Verbrennungsaussetzern**

Verfahren zum Bestimmen von Verbrennungsaussetzern bei einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern, wobei erfindungsgemäß vorgesehen ist, daß für wenigstens einen Zylinder der Brennkraftmaschine zumindest zwei aufeinanderfolgende Verdichtungszeiten und Expansionszeiten ermittelt werden, wobei zum Bestimmen von Verbrennungsaussetzern ein Vergleich der Änderung der Verdichtungszeiten mit der Änderung der Expansionszeiten durchgeführt wird und das Ergebnis des Vergleiches ein Maß für einen Verbrennungsaussetzer ist.

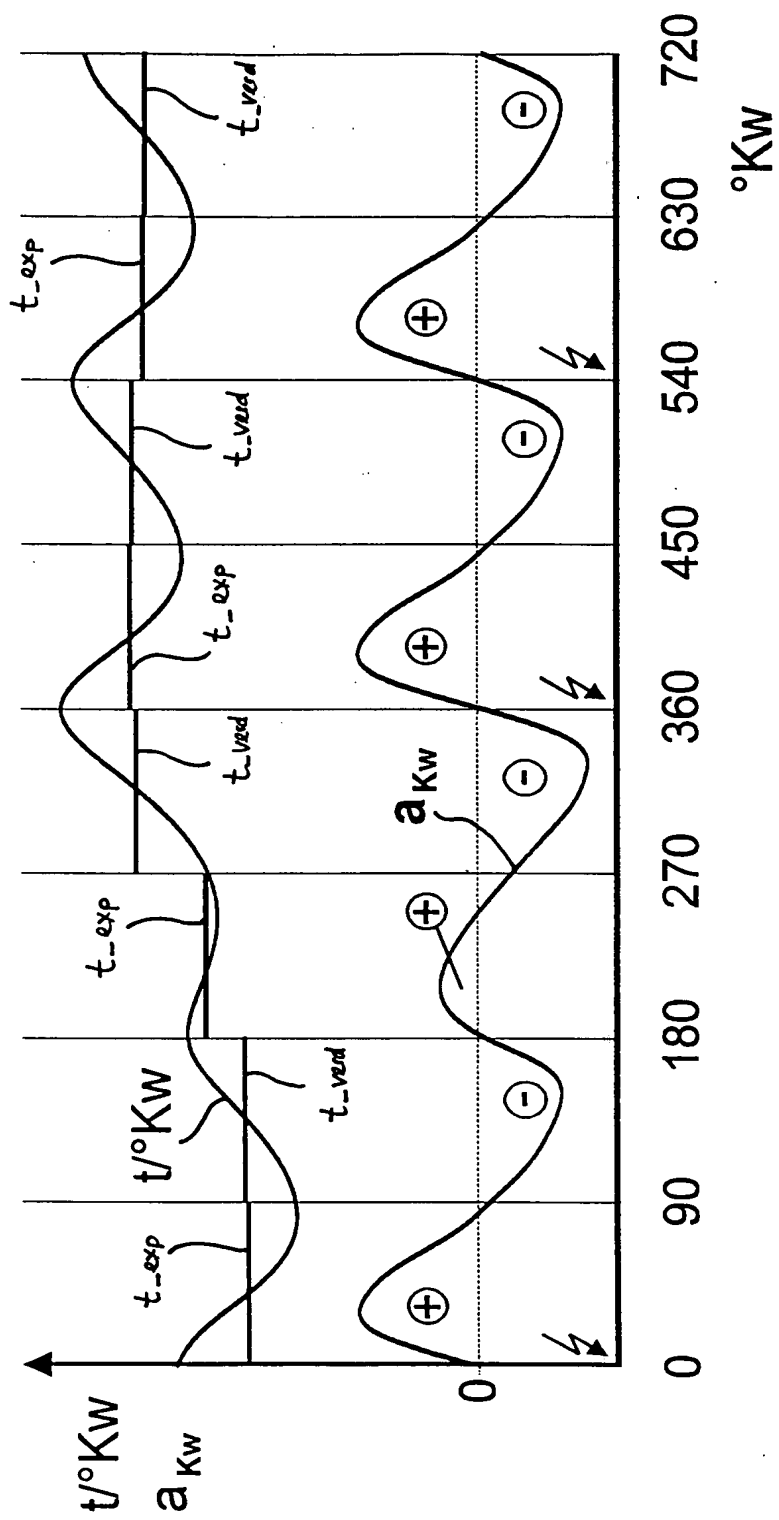
(Figur 5)



Figur 1

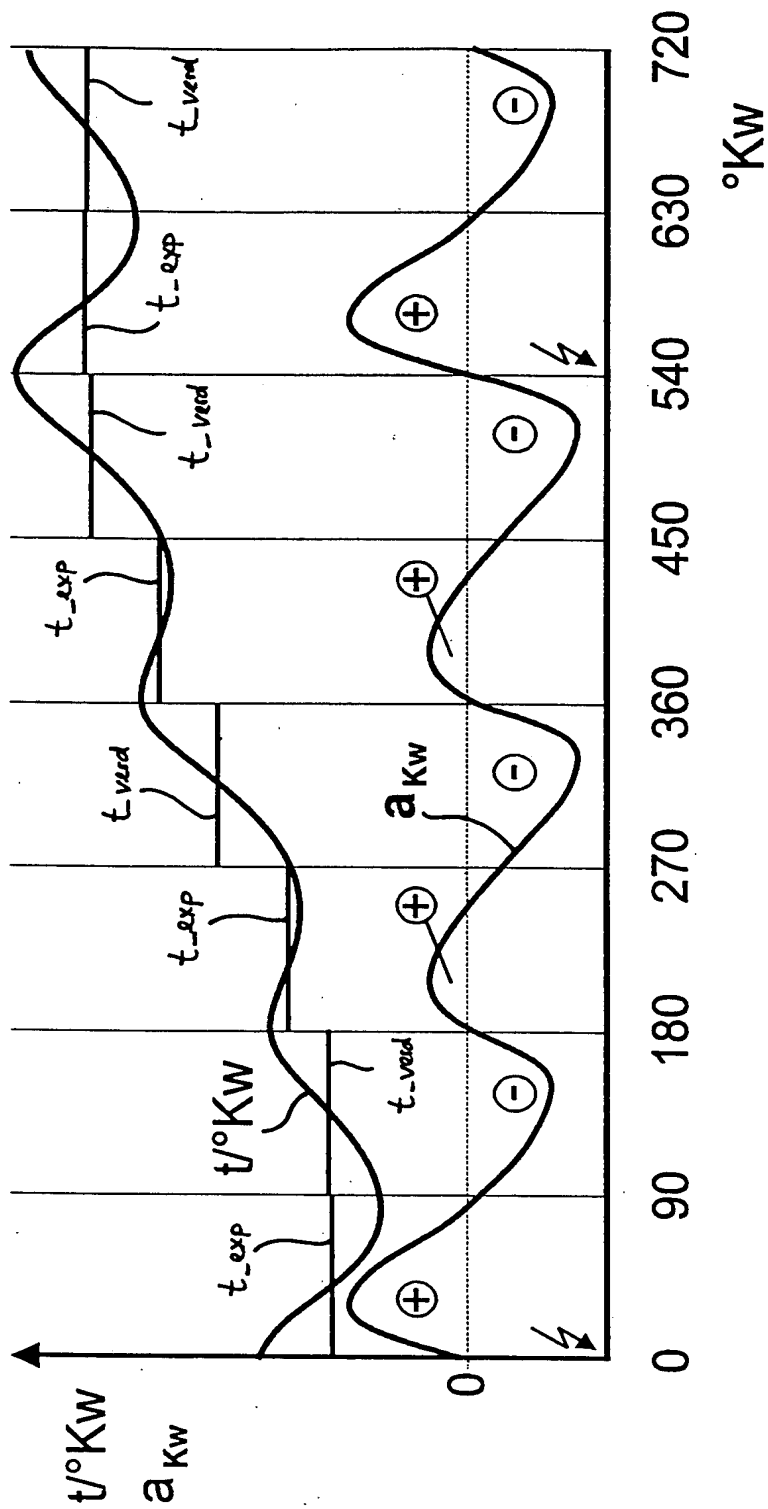


Figur 2



Figur 3





Figur 4

